

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-282265

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>G 01 R 27/02  
1/073

識別記号

R  
Z

庁内整理番号

7706-2G  
9016-2G

⑬ 公開 平成3年(1991)12月12日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全14頁)

⑭ 発明の名称 電気抵抗率の測定方法と4端子プローブ

⑯ 特 願 平2-81077

⑰ 出 願 平2(1990)3月30日

⑱ 発 明 者 土 井 秀 之 東京都中央区築地2丁目11番24号 日本合成ゴム株式会社  
内

⑲ 出 願 人 日本合成ゴム株式会社 東京都中央区築地2丁目11番24号

⑳ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

電気抵抗率の測定方法と4端子プローブ

## 2. 特許請求の範囲

1) 4端子法による電気抵抗率の測定方法であって、2つの電流端子として、被測定物に接触する部分を円形閉曲線状に構成した電流端子を用い、それぞれの電流端子を互いに絶縁して被測定物上に配置し、さらに2つの電圧端子の内の少なくとも一方を電流端子の内側に絶縁して配置し、一定電流を電流端子間に流して、電圧端子間の電圧と2つの電流端子の半径および配置関係から抵抗率を測定することを特徴とする電気抵抗率の測定方法。

2) 電気抵抗率測定用の4端子プローブにおいて、2つの電流端子の被測定物に接触する部分が円形閉曲線状に構成され、それぞれの電流端子が

互いに絶縁されて配設され、さらにそれら2つの電流端子に絶縁されて2つの電圧端子が配設され、2つの電圧端子の内の少なくとも一方が電流端子の内側に位置することを特徴とする電気抵抗率測定用の4端子プローブ。

(以下余白)

絶縁して被測定物上に配置し、さらに電圧端子の一方を小さい電流端子の内側に絶縁して配置し、電圧端子の他方を小さい電流端子の外側に絶縁して配置し、一定電流を電流端子間に流して、電圧端子間の電圧と2つの電流端子の半径から抵抗率を測定する。

また、本発明の電気抵抗率の測定方法の第2の実施態様においては、前記2つの電流端子を所定距離離して被測定物上に配置し、さらにそれぞれの電流端子の内側に電圧端子を絶縁して配置し、一定電流を電流端子間に流して、電圧端子間の電圧および2つの電流端子の半径と端子間距離から抵抗率を測定する。

一方、本発明の4端子プローブは、電気抵抗率測定用の4端子プローブにおいて、2つの電流端子の被測定物に接触する部分が円形閉曲線状に構成され、それぞれの電流端子が互いに絶縁されて配設され、さらにそれら2つの電流端子に絶縁されて2つの電圧端子が配設され、2つの電圧端子の内の少なくとも一方が電流端子の内側に位置す

#### 【作 用】

本発明の電気抵抗率の測定方法は、円形閉曲線状の2つの電流端子を被測定物上に配置し、2つの電圧端子の内の少なくとも一方を電流端子の内側に配置する。そして、電流端子間に一定電流を流し、電圧端子間の電圧と2つの電流端子の半径および配置関係から、被測定物の電気抵抗率を測定する。このような測定においては、等電位となる電流端子の内側領域内に電圧端子が位置することになり、その電圧端子には電流力線を乱すような電流が流れない。この結果、正確な測定の実施を可能にする。

例えば、小さい円形閉曲線状の電流端子の外側に、大きい円形閉曲線状の電流端子を配置し、小さい電流端子の内側に一方の電圧端子を配置すると共に、その小さい電流端子の外側に他方の電圧端子を配置した形態の場合には、大きい電流端子の中心部、つまり電流密度が高い部分に配置される小さい電流端子は、その内側領域を等電圧にし、その内側領域に配置される一方の電圧端子を

ることを特徴とする。

また、本発明の4端子プローブの第1の実施態様においては、前記2つの電流端子の被測定物に接触する部分が大きさの異なる大小2つの円形閉曲線状に構成され、小さい電流端子が大きい電流端子の内側に互いに絶縁されて配設され、さらに電圧端子の一方が小さい電流端子の内側に絶縁されて配設され、電圧端子の他方が小さい電流端子の外側に絶縁されて配設される。

また、本発明の4端子プローブの第2の実施態様においては、前記第1の実施態様の4端子プローブにおいて、前記2つの電流端子の内の少なくとも一方の円形閉曲線状に構成された部分が等分割される。

また、本発明の4端子プローブの第3の実施態様においては、前記2つの電流端子の被測定物に接触する部分が円形閉曲線状に構成され、それぞれの電流端子が所定距離離れて互いに絶縁されて配設され、かつそれぞれの電流端子の内側に絶縁されて電圧端子が配設される。

高い電流密度の電流経路中から外すことになり、その電圧端子には電流力線を乱すような電流が流れない。さらに、この形態の場合には、電流経路境界条件が2つの電流端子の大きさのみによって決定されるため、被測定物の形、寸法、測定位置などとは無関係に、抵抗率の計算式の係数を定数として、抵抗率の測定を容易なものとする。

また例えば、円形閉曲線状の2つの電流端子を所定距離だけ離して配置し、それぞれの電流端子の内側に電圧端子を配置した形態の場合には、閉曲線を成すそれぞれの電流端子の内側領域が等電位となり、それぞれの等電位の領域内に電圧端子が位置することになって、その電圧端子には電流力線を乱すような電流が流れない。

一方、本発明の4端子プローブは、2つの電流端子を円形閉曲線状に構成することにより、被測定物に対するそれらの接触面を大きくして接触抵抗のばらつきを抑制する。さらに、探針の場合に比して被測定物との接触圧を小さなものとして、被測定物に損傷を与えるおそれをなくす。

また例えば、電流端子の円形閉曲線状に構成した部分を等分割することにより、その電流端子の全体としての接触抵抗の不均一を補償する。

#### 【実施例】

第1図から第10図は、それぞれ本発明に係る測定方法の第1の実施態様に属する異なる実施例を示し、

第10図から第19図は、それぞれ本発明に係る4端子プローブの第1の実施態様に属する異なる実施例を示し、

第20図は、本発明に係る測定方法の第2の実施態様に属する実施例を示し、

第21図から第24図は、それぞれ本発明に係る4端子プローブの第3の実施態様に属する異なる実施例を示す。

そこで以下においては、「第1の実施態様の測定方法」、「第1の実施態様の4端子プローブ」、「第2の実施態様の4端子プローブ」、「第2の実施態様の測定方法」、および「第3の

が2つの電流端子1および2の大きさのみによって決定されるため、被測定物の形や寸法、プローブの位置には無関係に、前述した式(1)および(2)の係数Cが定数として与えられることになる。また、電流端子1および2が閉曲線を成しているため、電圧端子3および4が配置される2つの領域、つまり小径電流端子1の内側領域と大径電流端子2の外側領域は、それぞれの領域内において等電位となる。したがって、大径電流端子2の半径を、 $r_1$ 、小径電流端子1の半径を $r_2$ とすると、被測定物の厚さ $t$ がそれらの半径 $r_1$ 、 $r_2$ よりも十分に小さい場合には、表面抵抗率 $\rho_s$ と体積抵抗率 $\rho_v$ は下式(3)および(4)によって求まる。

$$\rho_s = \{2\pi / \ln(r_1/r_2)\} \cdot (V/I) \quad \dots (3)$$

$$\rho_v = \{2\pi \cdot t / \ln(r_1/r_2)\} \cdot (V/I) \quad \dots (4)$$

ところで、電圧端子3および4が配置される2つの領域は、前述のようにそれぞれにおいて等電圧であるため、電圧端子3および4には、測定誤差の原因となる第27図において説明したような電

流経路の境界条件

「第1の実施態様の測定方法について」

まず、第1図の実施例を基本として説明する。

同図において、1および2は電流端子であり、被測定物と接触する部分の大きさが異なる大小2つの円形閉曲線状に構成されている。3および4は電圧端子である。測定を行う場合には、まず電流端子1および2を被測定物の上に配置する。その際、小さい方の電流端子(以下「小径電流端子」という)1を大きい方の電流端子(以下「大径電流端子」という)2の内側に同心的かつ互いに絶縁して配置する。さらに、一方の電圧端子3を小径電流端子1の内側に絶縁して配置し、他方の電圧端子4を大径電流端子2の外側に絶縁して配置する。そして、定電流電源5によって電流端子1および2間に一定電流を流し、電圧計6によって電圧端子3および4間の電圧を測定する。

このような実施態様では、電流経路の境界条件

流1が流れない。また、電圧端子3および4の形、寸法、位置にも原理的には依存しないため、電圧端子3および4の被測定物との接触面積を広くして接触抵抗を下げ、電圧測定器の入力電流による誤差を減らすことができる。したがって、より広い抵抗値幅の被測定物の測定が可能になる。さらに、探針の場合と比べて被測定物との接触圧が減少するため、被測定物に損傷を与える可能性も減少する。また、小径電流端子1が円形閉曲線状に構成されているために、その周囲長が探針の場合に比べて長くなり、境界条件内における抵抗率の正確な平均値が測定できる。また、非線形な現象の影響を小さくでき、さらに、測定される抵抗値が減少するので定電流電源5の負担も軽くなる。

次に、このような第1図の実施例を基本として、第2図から第9図の測定方法の実施例について主に相違するところを説明する。

第2図の例の場合は、大径電流端子2の外側に配置される電圧端子(以下「外側電圧端子」とい

う) 4 を変形し、被測定物と接触する部分を円形閉曲線状として、大径電流端子 2 の外側に同心的に絶縁して配置する。

第 3 図の例の場合は、大径電流端子 2 における被測定物との接触部分に孔 2<sub>0</sub> を明け、この孔 2<sub>0</sub> を通して外側電圧端子 4 を絶縁して配置する。

第 4 図の例の場合は、外側電圧端子 4 を大径電流端子 2 の内側近傍に絶縁して配置する。本例の場合は、外側電圧端子 4 が電流経路上に位置するものの、小径電流端子 1 から放射状に流れる電流の電流密度が低い大径電流端子 2 の近傍位置であるために、第 27 図で説明した電流 1 による悪影響はきわめて小さく、むしろこのことよりも、小径電流端子 1 の内側に配置される電圧端子（以下「内側電圧端子」という）3 を電流密度が高い電流経路中に配置しないことによる影響回避の方が大である。

第 5 図の例の場合は、第 2 図の例における大径電流端子 2 を複数に等分割（図では 6 分割）して相互に絶縁し、そして分割した端子 2-1, …… 2-6

のそれぞれを等しい抵抗  $R_1$  を通して共通の定電流電源 5 に接続している。抵抗  $R_1$  は、被測定物と端子 2-1, …… 2-6 との間の接触抵抗よりも充分大きい。したがって、定電流電源 5 からみた抵抗値は、それぞれの端子 2-1, …… 2-6 についてほぼ等しくなり、電流が等分割されて、大径電流端子 2 の全体としての接触抵抗の不均一を補償することになる。

第 6 図の例の場合は、第 5 図の例における小径電流端子 1 を大径電流端子 2 と同様に分割して相互に絶縁し、分割した端子 1-1, …… 1-6 のそれぞれを等しい抵抗  $R_2$  を通して共通の定電流電源 5 に接続している。その抵抗  $R_2$  は、抵抗  $R_1$  と同様に小径電流端子 1 の全体としての接触抵抗の不均一を補償する。

第 7 図の例の場合は、被測定物 S の上に、第 1 図の例の端子 1, 2, 3 および 4 を複数組配置して、それぞれの組毎に、共通の定電流電源 5 と電圧計 6 を選択的に接続して、被測定物 S の各部位毎の抵抗率を測定する。これにより、抵抗率が内

部に大きく変動している被測定物 S に対し、その各部位の抵抗率を正確かつ高速に測定できる。なお、多数組の端子 1, 2, 3 および 4 を近接配置した場合であっても、定電流電源 5 や電圧計 6 に接続しない限り相互干渉は起きない。

第 8 図の例の場合は、電流端子 1 および 2 を 2 組近接配置し、それぞれの小径電流端子 1, 1 の内側に電圧端子 3 および 4 を配置する。そして、2 組の電流端子 1 および 2 に対して別々の定電流電源 5 を接続し、2 組の電流端子 1 および 2 に同方向、あるいは逆方向の一定電流を流して、電圧端子 3 および 4 間の電圧を測定する。双方に逆方向の一定電流を流した場合には、それぞれの領域における抵抗率  $\rho$  の平均が測定でき、また双方に同方向（小径電流端子 1 から大径電流端子 2 の方向）の一定電流を流した場合には、それぞれの領域における抵抗率  $\rho$  の差が測定できる。

第 9 図の例の場合は、被測定物の上に、上記第 8 図の例の端子 1, 2, 3 および 4 を複数組配置する。そして、隣接する電圧端子 3 および 4 の間

に共通の電圧計 6 を選択的に接続すると共に、その電圧端子 3 および 4 の一方を囲む電流端子 1 および 2 間と、他方を囲む電流端子 1 および 2 の間のそれぞれに定電流電源 5 を接続し、第 8 図の場合と同様に、被測定物の各部位相互間の抵抗率の平均または差を測定する。

第 10 図の場合は、上記第 8 図の例における 2 組の大径電流端子 2 を共通化しており、その共通する 1 つの大径電流端子 2 の大きさは、2 つの小径電流端子 1 の配置箇所を囲む大径となっている。測定を行う場合には、この大径電流端子 2 を被測定物の上に配置し、大径電流端子 2 の中心を通る径線上の対象位置に 2 つの小径電流端子 1 を位置させるようにして、それらを囲む。そして、一方の小径電流端子 1 と大径電流端子 2 との間、および他方の小径電流端子 1 と大径電流端子 2 との間に、それぞれ定電流電源 5-1 および 5-2 を接続する。そして、定電流電源 5-1 および 5-2 によって、大径電流端子 2 を共通電極として 2 つの小径電流端子 1 に逆方向の電流を流す。

したがって本実施例の場合は、大径電流端子2の内側領域内における被測定物の電気抵抗率を測定することができる。つまり、大径電流端子2によって測定部位の境界条件が定まり、被測定物の形や大きさの影響がなくなる。そのため、例えば第10図のようなパターンを成す端子1、2、3および4の組み合わせを被測定物の上に複数組配置して、それぞれの配置部位における被測定物の抵抗率を同時に測定することも可能となる。

「第1の実施態様の4端子プローブについて」

まず、第11図の4端子プローブ（以下、単に「プローブ」という）を基本形として説明する。

第11図(a)のプローブは、前述した第2図につき説明した測定方法を実施するためのものであり、絶縁性のプローブ本体7に、電流端子1および2と電圧端子3および4を埋設した構成となっている。内側の電圧端子3は丸棒状、小径電流端子1はストレートな円筒状、大径電流端子2と外側電圧端子4は段付きの円筒状となっており、プ

け、端子1、2、3および4の先端と被測定物との間にてシート10を加圧する。そして、加圧されたシート10の部分が端子1、2、3および4の先端と被測定物とを電気的に接続する。これにより、第11図(a)の例の場合と同様に使用に供される。なお、シート10は充分に加圧されることによって端子1、2、3および4と被測定物との間の接触抵抗を均一化すると共に、被測定物の損傷を防ぐことになる。

第12図および第13図の例の場合は、絶縁性ゴム状物質のプローブ本体11中に、加圧導電性ゴム状物質あるいは導電性ゴム状物質からなる端子1、2、3および4を形成している。端子1、2、3および4は、前述した第2図の配置パターンに形成されており、内側電圧端子3を中心として、他の端子1、2および4が円形閉曲線状に形成されている。そして、それぞれの端子1、2、3および4はプローブ本体11の上下面上に露出している。

使用に際しては、被測定物Sの上にプローブ本

ローブ本体7の底面視において、それぞれの端子1、2、3および4の先端つまり被測定物と接触する部分が第2図の配置パターンを成している。

このように構成されたプローブは、端子1、2、3および4の先端を被測定物に接触させ、そして電流端子1および2の基端に定電流電源5を接続し、かつ電圧端子3および4の基端に電圧計6を接続することによって使用に供される。

第11図(b)の例の場合は、第11図(a)のプローブ本体7をケース8の内側に備え、それらの間にスプリング9を介在させると共に、ケース8の先端側に、プローブ本体7の先端を覆う加圧導電性のシート10を取り付けた構成となっている。シート10は、加圧力を増加させるとほぼ一定の抵抗値を示す加圧導電性ゴム状物質によって形成されており、例えば日本合成ゴム調製JSR PCR 305-02を用いることができる。

使用に際しては、ケース8を持ち、スプリング9を介してプローブ本体7を被測定物に押し付

け、体11と配線基板12を載せて加圧する。配線基板12には、第12図のように電流端子1および2間に定電流電源5を接続し、かつ電圧端子3および4間に電圧計6を配線するための配線パターンが形成されており、端子1、2、3および4は被測定物Sと接触すると共に、定電流電源5と電圧計6に接続される。このようにして、第10図の例の場合と同様に使用に供される。なお、プローブ本体11の下面側における端子1、2、3および4の露出部分は、その周囲に位置するプローブ本体11の下面よりも一段くぼむように形成してもよく、この場合には、プローブ本体11の加圧を条件として、端子1、2、3および4が被測定物Sと接触することになる。

第14図の例の場合は、第10図の例のプローブ本体7をホルダ13に複数配設した構成の集合プローブとなっている。したがって、前述した第7図または第9図の測定方法の実施に供することができる。なお、同第14図においては、縦横に等間隔で配設した複数のプローブ本体7の図示を一部省略

している。

第15図は、上記第14図の例の集合プローブの使用に当って、そのプローブと被測定物Sとの間に加圧導電性ゴム状物質のシート10を介在させた場合の使用例である。本例の場合は、シート10を加圧し、そのシート10を介して端子1、2、3および4を被測定物Sに接続する。

第16図および第17図の例の場合は、前述した第12図および第13図の例のプローブを集合化して、その集合プローブを測定装置に組み込んでいる。本例の集合プローブは、1枚の絶縁性ゴム状物質のプローブ本体11に、第12図および第13図の端子1、2、3および4を複数組形成している。また、その形成数に応じて、配線基板12にマトリックススイッチと配線板（共に図示せず）を組み込んでいる。そのマトリックススイッチは、共通の定電流電源5と電圧計6に対して、各組のプローブ毎の端子1、2、3および4を択一的に切替接続するものである。そして、配線基板12とプローブ本体11は測定装置のケース14内に備えられてい

固定されており、またその先端は、装置本体18上にセットされた円板状の被測定物Sの中心部に接触している。被測定物Sの外周部には大径電流端子2が接続されており、また装置本体18に備えられたX軸方向のスライド体19には、外側電圧端子（探針）4がY軸方向にスライド可能に取り付けられている。

使用に際しては、電流端子1および2間に定電流電源5を接続すると共に、電圧端子3および4間に電圧計6を接続し、そして外側電圧端子4を被測定物S上の任意の位置に接触させ、そのときの電圧を測定する。これを繰り返して、被測定物S上の多数位置における電位分布を求める。

第19図は、上記第18図と同様の装置の他の構成例の説明図である。本例の場合は、回転テーブル20上にセットしたシリコンウェハーなどの円板状の被測定物Sの左右回転と、外側電圧端子（探針）4の径方向のスライドによって、その外側電圧端子4が被測定物S上の任意の位置に接続可能になっている。図において21はステージであり、同

る。

使用に際しては、プローブ本体11の上に被測定物Sを載せ、更に絶縁性ゴム状シート15を載せて蓋16を閉じる。そして、ケース14の内部を真空減圧し、被測定物Sをプローブ本体11の上に密着させてから、マトリックススイッチによって各組のプローブを定電流電源5と電圧計6に選択的に接続することによって、前述した第7図につき説明した測定方法の実施に供することができる。なお、プローブ本体11における端子1、2、3および4を前述した第9図の配置パターンとすることにより、同第9図につき説明した測定方法を実施することもできる。

第18図の例の場合は、前述した第4図の測定方法を応用して、外側電圧端子4を適宜移動させつつ、その移動位置の電位を測定するための装置を構成している。図において17は同軸プローブであり、第4図のような配置パターンを成す小径電流端子1と内側電圧端子3が構成されている。この同軸プローブ17の基端は、装置本体18の定位置に

軸プローブ17を被測定物Sの中心部に接触させるように保持すると共に、外側電圧端子4を回転テーブル20の径方向に沿ってスライド可能に備えている。また被測定物Sの周部には大径電流端子2が接続されている。測定の実施に際しては、第18図の場合と同様に定電流電源5と電圧計6を接続する。

なお、前述した第10図の配置パターンを成すように端子1、2、3および4をプローブ本体に配設したり、または1つのプローブ本体に第10図のパターンを成す端子1、2、3および4を複数組配設した集合プローブを構成してもよい。前者のプローブを複数組用いたり、または後者の集合プローブを用いることにより、被測定物の多数部位における抵抗率の同時測定が可能となる。

「第2の実施態様の4端子プローブについて」

この実施態様の4端子プローブは、第5図および第6図につき説明したような測定方法、つまり電流端子1および2のいずれか一方または両方の円形閉曲線状に構成された部分を複数に等分割し

て接触抵抗の不均一を補償することになる測定方法を実施するためのものである。その構成は、前述した第1の実施態様の4端子プローブにおける電流端子1および2の少なくとも一方を複数に等分割した構成となっている。

「第2の実施態様の測定方法について」

第20図は本発明に係る第2の実施態様の測定方法の第1の実施例を説明するための図である。

本実施態様の場合、電流端子1および2の被測定物と接触する部分は、被測定物の上に離れて配置できる大きさの円形閉曲線状に構成されている。電圧端子3および4は、電流端子1および2の内側に配置できる大きさとなっている。測定を行う場合には、まず電流端子1および2を被測定物の上に所定距離だけ離して配置する。さらに、それぞれの電流端子1および2の内側（本実施例の場合は中心部）に電圧端子3および4を絶縁して配置する。そして、定電流電源5によって電流端子1および2間に一定電流を流し、電圧計6によって電圧端子3および4間の電圧を測定する。

つの領域は、前述のようにそれぞれにおいて等電圧であるため、電圧端子3および4には、測定誤差の原因となる第27図において説明したような電流*i*が流れない。また、電圧端子3および4の形、寸法、位置にも原理的には依存しないため、電圧端子3および4の被測定物との接触面積を広くして接触抵抗を下げ、電圧測定器の入力電流による誤差を減らすことができる。したがって、より広い抵抗値幅の被測定物の測定が可能になる。さらに、探針の場合と比べて被測定物との接触圧が減少するため、被測定物に損傷を与える可能性も減少する。

「第3の実施態様の4端子プローブについて」

第21図(a)および(b)は、第3の実施態様の4端子プローブの第1の実施例を説明するための図である。

同図のプローブは、第20図につき説明した測定方法を実施するためのものであり、絶縁性のプローブ本体23に電流端子1および2と電圧端子3および4を埋設した構成となっている。電流端子

このような実施態様では、被測定物に接触する電流端子1および2の部分が閉曲線を成しているため、電圧端子3および4が配置される領域、つまり電流端子1の内側領域と電流端子2の内側領域は、それぞれの領域内において等電位となる。したがって、一様な抵抗率の無限平面被測定物の上に、半径*r*の電流端子1および2を端子間距離2*d*だけ離して配置し、それぞれに+*I*, -*I*の電流を流した場合、電磁気学の初歩的な考察から、アポロニウスの円群として知られる等電位線が形成されることが導かれる。この性質を利用することにより、電圧端子3および4間の電圧*V*は下式(5)によって与えられる。 $\delta s$ は表面抵抗率である。

$$V = \delta s / \pi \cdot \ln \left[ \{d + (d^2 - r^2)^{1/2}\} / r \right] \cdot I \quad \dots (5)$$

ここで、被測定物の厚さを*t*とすれば表面抵抗率 $\delta s$ と体積抵抗率 $\delta v$ は下式(6)および(7)によって求まる。

$$\delta s = \pi / \ln \left[ \{d + (d^2 - r^2)^{1/2}\} / r \right] \cdot (V/I) \quad \dots (6)$$

$$\delta v = \pi t / \ln \left[ \{d + (d^2 - r^2)^{1/2}\} / r \right] \cdot (V/I) \quad \dots (7)$$

ところで、電圧端子3および4が配置される2

1および2は円筒状、電圧端子3および4は丸棒状であり、プローブ本体23を底面視した同図(b)において、それぞれの端子1, 2, 3および4の先端つまり被測定物と接触する部分が第20図の配置パターンを成している。またプローブ本体23の先端部において、端子1, 2, 3および4の先端近傍は一段低くくぼんでいる。

このように構成されたプローブは、端子1, 2, 3および4の先端を被測定物に接触させ、そして電流端子1および2の基端に定電流電源5を接続し、かつ電圧端子3および4の基端に電圧計6を接続することによって使用に供される。

第22図は第2の実施例を説明するための図である。

本例のプローブは、第21図につき説明したプローブ本体23をケース24の内側に備え、それらの間にスプリング25を介在させると共に、ケース24の先端側に、プローブ本体23の先端を覆う加圧導電性ゴム状物質のシート26を取り付けた構成となっている。シート26は、第11図(b)につき説明

したシート10と同様に、加圧力を増加させるとほぼ一定の抵抗値を示すものである。

使用に際しては、ケース24を持ち、スプリング25を介してプローブ本体23を被測定物に押し付け、端子1、2、3および4の先端と被測定物との間にてシート26を加圧する。そして、加圧されたシート26の部分が端子1、2、3および4の先端と被測定物とを電気的に接続する。これにより、第21図の例の場合と同様に使用に供される。なお、シート26は充分に加圧されることによって端子1、2、3および4と被測定物との間の接触抵抗を均一化すると共に、被測定物の損失を防ぐことにもなる。

第23図および第24図は第3の実施例を説明するための図である。

本例のプローブは、絶縁性ゴム状物質のプローブ本体27中に、加圧導電性ゴム状物質あるいは導電性ゴム状物質からなる端子1、2、3および4を形成している。端子1、2、3および4は、前述した第20図の配置パターンに形成されており、

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の電気抵抗率の測定方法は、円形閉曲線状の2つの電流端子を被測定物上に配置し、2つの電圧端子の内の少なくとも一方を電流端子の内側に配置して、被測定物の電気抵抗率を測定するから、等電位となる電流端子の内側領域内に電圧端子を位置させることができる。したがって、その電圧端子には電流力線を乱すような電流が流れず、正確な測定を実施することができる。

例えば小さい円形閉曲線状の電流端子の外側に、大きい円形閉曲線状の電流端子を配置し、小さい電流端子の内側に一方の電圧端子を配置すると共に、その小さい電流端子の外側に他方の電圧端子を配置した形態の場合には、大きい電流端子の中心部、つまり電流密度が高い部分に配置される小さい電流端子は、その内側領域を等電位にし、その内側領域に配置される一方の電圧端子を高い電流密度の電流経路中から外すことになり、その電圧端子には電流力線を乱すような電流を流

す電圧端子3および4のそれぞれを中心として、電流端子1および2が円形閉曲線状に形成されている。そして、それぞれの端子1、2、3および4はプローブ本体27の上下面上に露出している。

使用に際しては、第24図のように被測定物Sの上にプローブ本体27と配線基板28を載せて加圧する。配線基板28には、第20図のように電流端子1および2間に定電流電源5を接続し、かつ電圧端子3および4間に電圧計6を配線するための配線パターンが形成されており、端子1、2、3および4は被測定物Sと接触すると共に、定電流電源5と電圧計6に接続される。このようにして、第21図の例の場合と同様に使用に供される。なお、プローブ本体27の下面側における端子1、2、3および4の露出部分は、その周囲に位置するプローブ本体12の下面よりも一段くぼむように形成してもよく、この場合には、プローブ本体27の加圧を条件として、端子1、2、3および4が被測定物Sと接触することになる。

すことなく正確な測定を実施することができる。しかも、この形態の場合には、電流経路境界条件が2つの電流端子の大きさのみによって決定されるため、被測定物の形、寸法、測定位置などとは無関係に、抵抗率の計算式の係数を定数として、抵抗率を容易に求めることができる。

また、例えば円形閉曲線状の2つの電流端子を所定距離だけ離して配置し、それぞれの電流端子の内側に電圧端子を配置した形態の場合には、閉曲線を成すそれぞれの電流端子の内側領域が等電位となり、それぞれの等電位の領域内に電圧端子が位置することになって、その電圧端子に電流力線を乱すような電流を流すことなく正確な測定を実施することができる。

一方、本発明の4端子プローブは、2つの電流端子を円形閉曲線状に構成しているから、被測定物に対するそれらの接触面を大きくすることができる。しかも、探針の場合に比して被測定物との接触圧が小さくてもよく、被測定物に損傷を与えるおそれがない。



また、電流端子の円形閉曲線状に構成した部分を等分割することにより、その電流端子の全体としての接触抵抗の不均一を補償することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図から第10図は、それぞれ本発明に係る電気抵抗率の測定方法の第1の実施態様に属する異なる実施例を説明するための概略平面図。

第11図から第18図は、本発明に係る4端子プローブの第1の実施態様に属する異なる実施例を説明するための図。

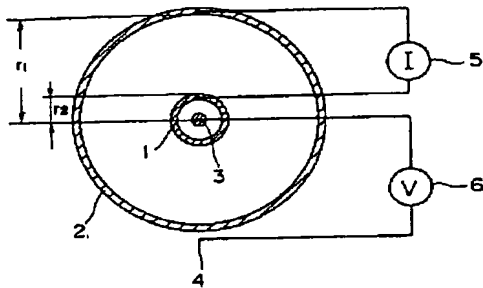
第20図は、本発明に係る電気抵抗率の測定方法の第2の実施態様に属する一実施例を説明するための概略平面図。

第21図から第24図は本発明に係る4端子プローブの第3の実施態様に属する実施例を説明するための図。

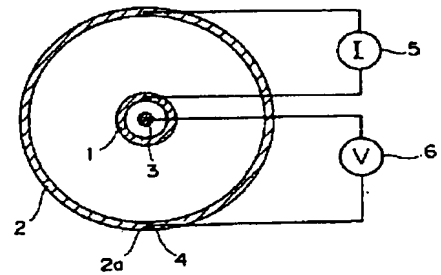
第25図は、従来の電気抵抗測定方法の異なる例の説明図。

第26図は、電流経路上に置かれた電圧端子の先端の拡大図である。

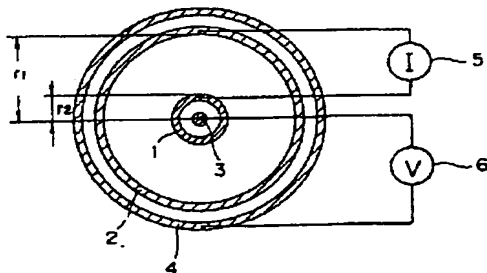
- 1, 2…電流端子、
- 3, 4…電圧端子、
- 5…定電流電源、
- 6…電圧計、
- 7, 23, 27…プローブ本体、
- S…被測定物。



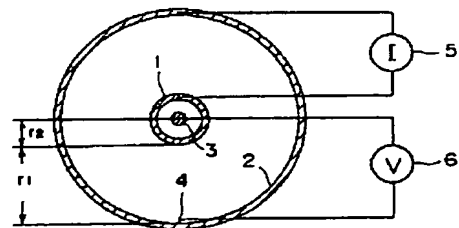
第 1 図



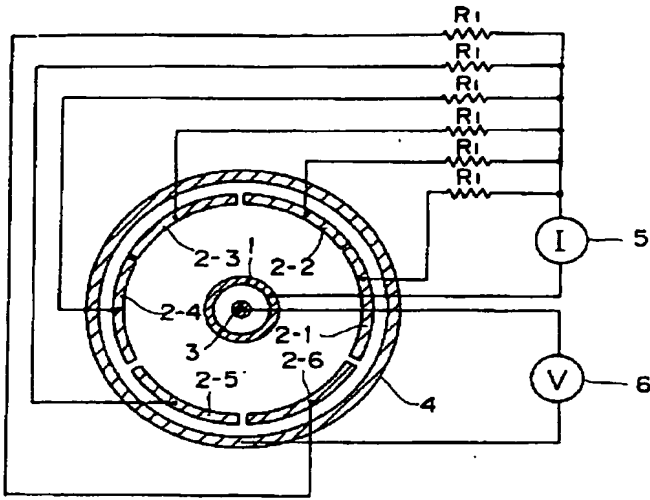
第 3 図



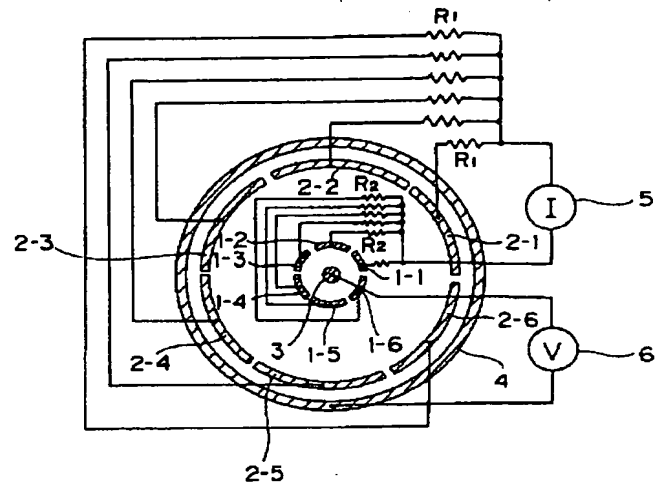
第 2 図



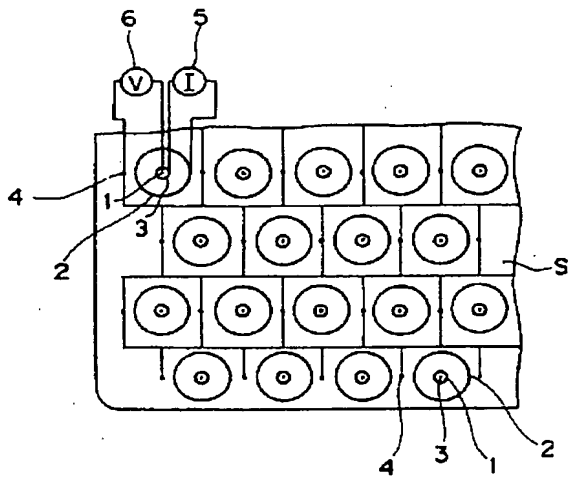
第 4 図



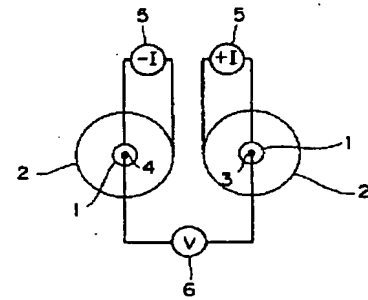
第 5 図



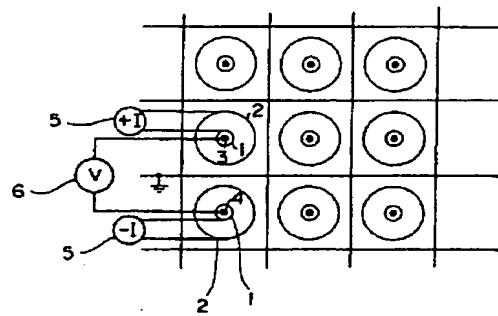
第 6 図



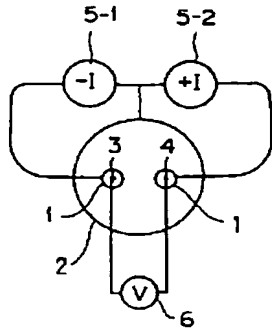
第 7 図



第 8 図

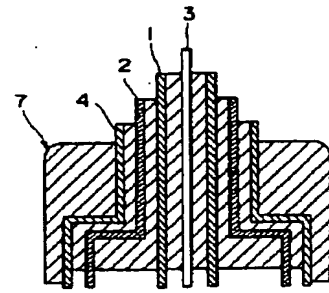


第 9 図

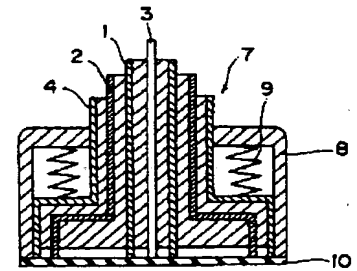


第 10 図

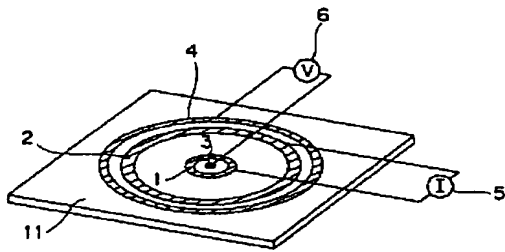
(a)



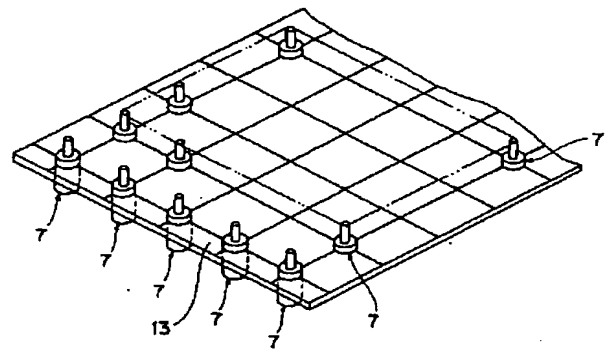
(b)



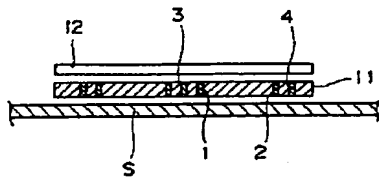
第 11 図



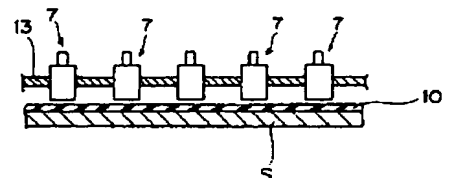
第 12 図



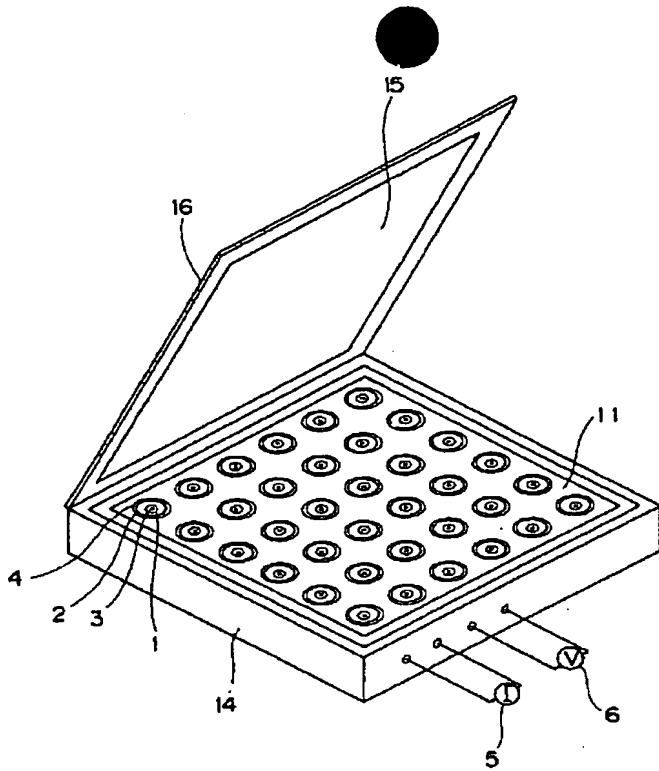
第 14 図



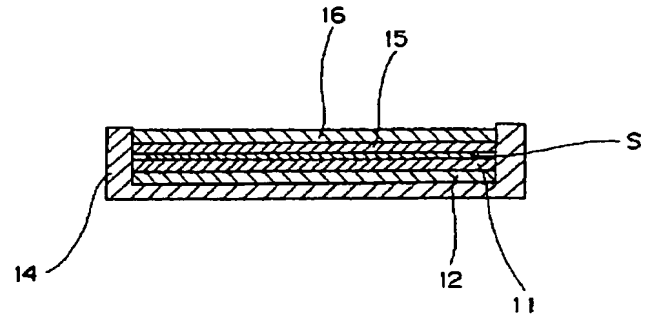
第 13 図



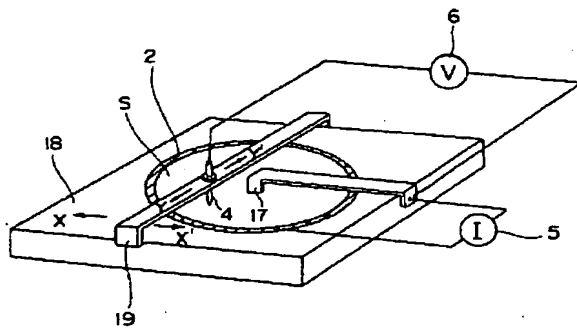
第 15 図



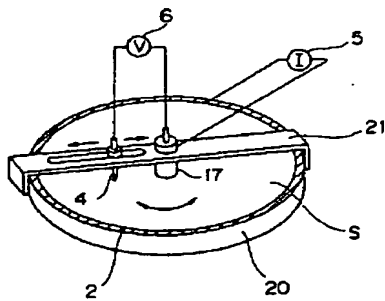
第 16 図



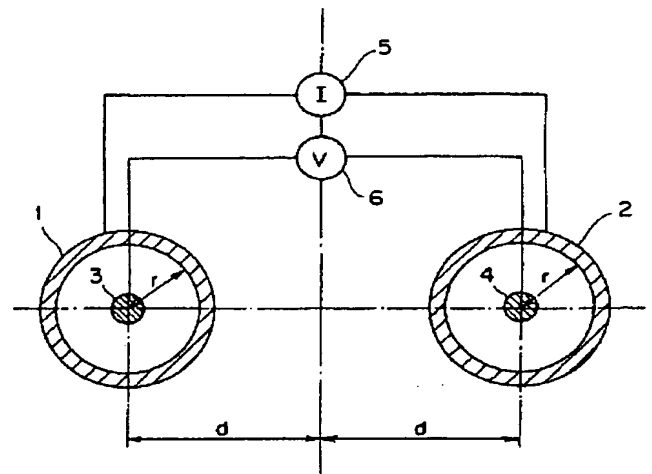
第 17 図



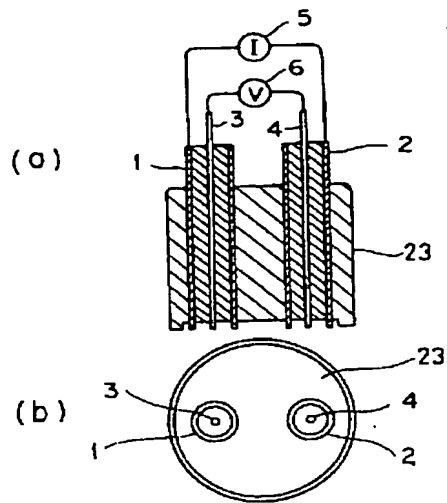
第 18 図



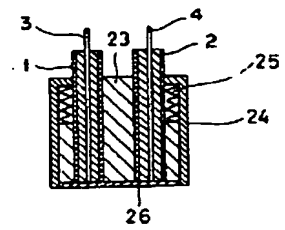
第 19 図



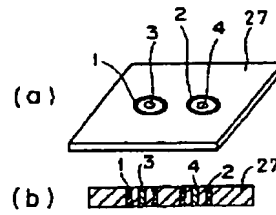
第 20 図



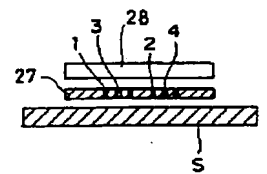
第 21 図



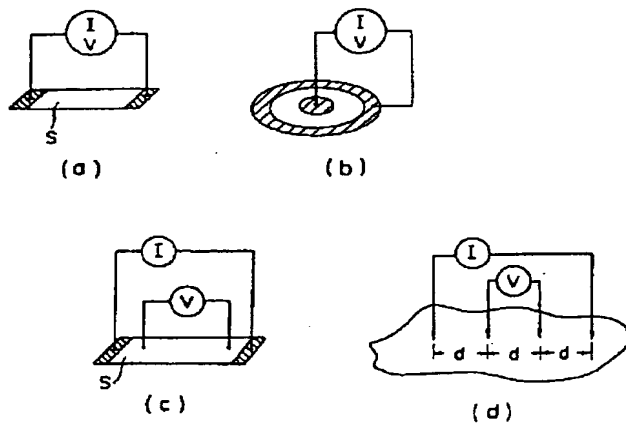
第 22 図



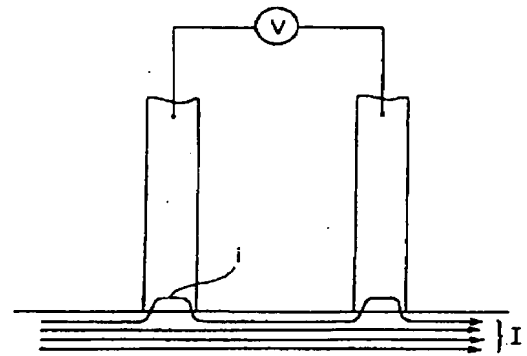
第 23 図



第 24 図



第 25 図



第 26 図